

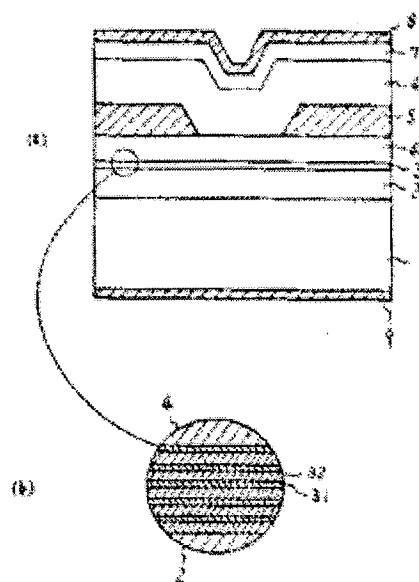
# SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

Publication number: JP62249496  
Publication date: 1987-10-30  
Inventor: UOMI KAZUHISA; KAYANE NAOKI; OTOSHI SO  
Applicant: HITACHI LTD  
Classification:  
- international: **H01S5/00; H01S5/00**; (IPC1-7): H01S3/18  
- European:  
Application number: JP19860092093 19860423  
Priority number(s): JP19860092093 19860423

Report a data error here

## Abstract of JP62249496

**PURPOSE:** To facilitate oscillation with a low threshold current and obtain a laser device which can be efficiently employed as a light source for a high performance and high integrity OEIC by a method wherein a whole or a part of a quantum well active layer is doped with high concentration impurity and electron density and positive hole density are artificially controlled. **CONSTITUTION:** The semiconductor laser device has a multilayer well active layer 3 which is composed of well layers 3a which have thicknesses smaller than DeBroij wavelength of electron and barrier layers 3b which have larger forbidden band widths than the well layers 3a which are laminated alternately. The active layer 3 of the semiconductor laser device may be GRIN-SCH type. Then P-type or N-type impurity, or P-type and N-type impurity, or P-type impurity and N-type impurity is or are introduced into the well layers 3a only, or into the barrier layers 3b only, or into both the well layers 3a and the barrier layers 3b so as to make the concentration of the P-type impurity not less than  $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  or make the concentration of the N-type impurity not less than  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . With this constitution, a device with a low threshold current can be realized and high reliability can be obtained. This device is especially effective to be used as an optoelectric integrated circuit or as its light source.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-249496

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

7377-5F

④ 公開 昭和62年(1987)10月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 半導体レーザ装置

⑯ 特 願 昭61-92093

⑰ 出 願 昭61(1986)4月23日

⑱ 発 明 者 魚 見 和 久 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 茅 根 直 樹 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 大 歳 創 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体レーザ装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 電子のドウ・ブローイ波長以下の厚さを有するウエル層と、該ウエル層よりも禁制帯幅の大きいバリヤ層を交互に重ね合わせた多重量子井戸活性層を有する半導体レーザ装置、もしくは活性層がGRIN-SCH型(Graded-Index-Separate-Confinement-Heterostructure)である半導体レーザ装置において、上記ウエル層にだけ、あるいは上記バリヤ層にだけ、あるいは上記ウエル層と上記バリヤ層の両方にp型あるいはn型もしくはp型およびn型の不純物を導入するか、またはp型、n型両方の不純物を導入し、上記p型不純物の濃度が $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上か上記n型不純物の濃度が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上にすることにより該半導体レーザ装置の駆動しきい電流を低減したことを特徴とする半導体レーザ装置。

2. 上記特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ装置において、上記ウエル層の厚さが3nm～10nmであることを特徴とする半導体レーザ装置。

3. 上記特許請求の範囲第1項～第2項記載の半導体レーザ装置において、上記p型不純物が少なくともMg、Beの一方、あるいはn型不純物が少なくともSe、Siの一方であることを特徴とする半導体レーザ装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、従来になく低しきい電流で発振する量子井戸型半導体レーザに係り、特に光電気集積回路用あるいは光集積回路用の半導体レーザに関するものである。

## 〔従来の技術〕

将来の電気光集積回路(OEIC)あるいは光集積回路(OIC)用の光源として、低しきい電流で発振する半導体レーザ、つまり低消費電力の半導体レーザが待望されている。これまでに、活性

層を量子井戸型にして、その量子サイズ効果を利用して低しきい電流化する方法が杉本他により電子通信学会の信学技報等OQ E 85-78巻、第85頁に発表されている。しかし、この方法では、そのしきい電流は約8 mAであり、従来のダブルヘテロ構造半導体レーザの20 mAに比べて約半分程度にしか改善された。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術については、その量子井戸活性層のデバイス構造はほぼ最適化されており、従来の量子井戸活性層では、上記のしきい電流（約8 mA）以下の低しきい化は困難である。しかし、この程度のしきい電流値では今後、OEICの光源として未だ不適當であり、さらにOEICの多機能化、高集積化のためには、なお一層の低しきい電流化が必要であつた。

本発明の目的は、従来になく低しきい電流の半導体レーザ（＜3 mA）を提供することにある。さらには、高機能・高集積のOEIC用の光源を提供することにある。

果を第2図に示す。この計算ではウエル層のA<sub>1</sub>モル比（X<sub>w</sub>）は0、バリア層のA<sub>1</sub>モル比（X<sub>b</sub>）は0.2、ウエル層厚さは5 nmとした。Rドーピング、nドーピング両者共、ドーピング濃度を増すと、発振に必要なしきいキャリア密度は低下し、しきい電流が下がることが判明した。特にnドーピングでは $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上、pドーピングでは $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上のドーピングを行うとしきいキャリア密度はアンドープの多重量子井戸構造に比べ、約半分に低下し、従来のダブルヘテロ構造の1/4以下になることが判明した。ただし、ドーピング濃度を $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上になると急激にその結晶性が低下するため、ドーピング濃度としては $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上が限度であることもわかつた。この時、しきいキャリア密度は従来のダブルヘテロ構造に比べてnドーピングでは約1/20、pドーピングでは1/6に低下する。また、不純物としては、固相内拡散の小さいMg, Be, Si, Se等が有効であることも見出した。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明者は、従来になく低しきい電流で発振する半導体レーザを得るために、キャリア注入型半導体レーザの活性層を量子井戸構造とする半導体レーザを基本に考え、その量子井戸活性層の全部あるいはその一部に高濃度（ $> 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）の不純物をドーピングすることにより、人為的に電子密度と正孔密度を操作することにより、キャリアの無注入時（無バイアス時）においてその量子井戸活性層に電子あるいは正孔（あるいはその両方）を存在させ、その結果、低しきい電流化できることを見出した。この量子井戸活性層としては、ウエル層とバリア層を交互に重ね合わせた多重量子井戸構造、あるいは、バリア層のA<sub>1</sub>のモル比が徐々に変化しているGRIN-SCH型

(Graded-Index-Separate-Confinement-Heterostructure) 構造を用いるとその効果は顕著である。本発明者は、不純物をドーピングした量子井戸活性層の利得スペクトル解析モデルを作成し、それを多重量子井戸構造に適用した計算結

〔作用〕

上記の如く、量子井戸活性層に不純物を高濃度にドーピングするとしきい電流が低下することは以下のように説明できる。不純物を高濃度にドーピングすると無バイアス、つまりキャリア無注入時においても、ウエル層内に量子化した多数キャリアが存在する。pドーピングの場合を考えると価電子帯内の量子準位は、アクセプタから放出した正孔により占められている。レーザ発振に寄与する利得は、正味の光吸収を差しひいたものである。上記のように価電子帯に量子化した正孔が存在するとその正味の光吸収が減少する。この結果、低い注入電子密度で発振することになる。また、ドーピングでも同様に説明できる。

〔実施例〕

つぎに本発明の実施例を図面とともに説明する。第1図は本発明による半導体レーザ装置の一実施例を示す断面図で（a）は全断面図、（b）はO部拡大断面図である。

第1図において、n型GaAs基板結晶1の上

にn型Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asクラッド層2 ( $x=0.45$ )と、厚さ8nmの $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のSeドーピングを行ったnドーピングGaAsウエル層31、アンドープあるいは $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のSeドーピングを行ったnドーピングの厚さ3nmのGa<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Asバリア層32を交互に5層ずつ積み重ねた多重量子井戸活性層3と、p型Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asクラッド層4 ( $x=0.45$ )と、n型GaAs電流狭窄層5とをMOCVD法により順次形成する。ホットエッチング工程により、n型GaAs層5を完全に除去してp型Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asクラッド層4の表面を露出する幅1~15 $\mu\text{m}$ の溝ストライプを形成する。つぎにMOCVD法によりp型Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asクラッド層6 ( $x=0.45$ )、p型GaAsキャップ層7を形成する。その後、p側電極8、n側電極9を形成したのち、へき開法により共振器長約300 $\mu\text{m}$ の半導体レーザ装置を得た。このとき光導波路を屈折率導波型として、レーザ光の横モードを安定に保つためには、p型クラッド層4の厚さ $d_4$ の条件として $0.1 < d_4 < 0.7 \mu\text{m}$

に変化する厚さ0.1 $\mu\text{m}$ のp-GaAlAsバリア層102からなるGRIN-SCH活性層10を形成し、さらにその上にp型GaAlAsクラッド層4を成長後、ホットエッチングにより、幅1~5 $\mu\text{m}$ のストライプ状に残るようにn型GaAs基板1まで達するエッチングを行い、その後p型GaAlAs層12、n型GaAlAs層13を成長し、Zn拡散領域11を設ける。この後p側電極8、n側電極9を形成した後、へき開法により、共振器長約300 $\mu\text{m}$ のレーザ素子を得た。

本実施例においては、半導体レーザの構造はBH (Buried Heterostructure) タイプになっているので、発振に寄与しない無効電流が存在しないので、なお一層の低しきい電流化ができ、しきい電流0.5~1.5mAで室温連続発振し、波長は800nmにて縦単一モードを示した。また、100℃において光出力10mW定光出力動作時の寿命も6000時間経過後も顕著な劣化は見られず、高信頼の素子を得た。

が得られた。

上記実施例は発振波長830nmにおいてしきい電流値1~2mAで室温連続発振し、発振スペクトルは縦単一モードを示し、光出力20mWまで横モードの安定性を確認した。90℃において、光出力20mW定光出力動作時の寿命も5000時間経過後顕著な劣化は見られず、信頼性も高いことが明らかになった。これは上記したように、ウエル層31に高濃度nドーピングした多重量子井戸によつてしきい電流密度が顕著に低下したことによるものである。

#### 実施例2

本発明による別の実施例を第3図を用いて説明する。

n型GaAs基板1上にn型GaAlAsクラッド層2、Alのモル比が0.45から0.2まで徐々に変化する厚さ0.1 $\mu\text{m}$ にn-GaAlAsバリア層103、厚さ6nmの $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のMgドーピングを行ったGaAsウエル層101、およびAlのモル比が0.2から0.45まで徐々に

#### 実施例3

本発明による別の実施例を第4図を用いて説明する。半絶縁性GaAs基板14上にn+-GaAs層15をMOCVD法により成長した後、実施例1と同様の半導体層を成長する。この後、部分的にn+-GaAs層15の表面を露出するエッチングを行ない、p電極8、n電極9を形成する。この後、へき開法により、共振器長約300 $\mu\text{m}$ のレーザ素子を得た。本実施例においても、実施例1、実施例2とほぼ同様の特性を示した。さらに本実施例においては、半絶縁性基板上に超低しきい値電流の半導体レーザが形成されたことになり、OEIC等への発展が期待できる。

また、以上の実施例においては、不純物としてMg, Seの場合を示したが、Si, Beを用いてもほぼ同様の効果が得られた。さらに、ウエル層の幅として3~10nm、p型不純物の濃度として $(4 \sim 10) \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、n型不純物の濃度として $(2 \sim 10) \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のいずれの組み合わせにおいてもほぼ同様の効果が得られた。

また、以上の実施例においては、p型あるいはn型の一方の不純物ドーピングを行つたが、両方の型のドーピングを行つてもよい。

なお本発明は実施例に示した波長 $0.80\text{ }\mu\text{m}$ 前後に限らず、波長 $0.68\sim 0.89\text{ }\mu\text{m}$ のGaAlAs系半導体レーザ装置で、室温連続発振できる全範囲にわたり同様の結果が得られた。本発明による半導体レーザ装置はGaAlAs系以外のレーザ材料、例えばInGaAsP系やInGaP系の材料に対しても同様に適用できる。またレーザの構造としては上記各実施例で示した3層導波路を基本にするものに限らず、活性層の片側に隣接して光ガイド層を設けるLOC構造や、活性層の両側にそれぞれ隣接して光ガイド層を設けるSCH構造に対しても同様に適用することができる。

また上記各実施例において導電形を全て反対にした構造(pをnに、nをpに置換えた構造)においても同様の効果が得られた。

〔発明の効果〕

上記のように本発明による半導体レーザ素子は量子井戸活性層の全部あるいはその一部に高濃度の不純物を導入することにより、従来の半導体レーザのしきい電流よりはるかに低いしきい電流の半導体レーザ素子ができるので、高い信頼性のレーザ素子を得られ、これは、特に光電気集積回路あるいは光集積回路用の光源として有効である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図、第3図、第4図は本発明による実施例の断面図であり、各図(b)は同図(a)の円内拡大図、第2図はドーピング濃度に対するしきいキャリア密度の計算値で、本願発明の原理を示す図である。

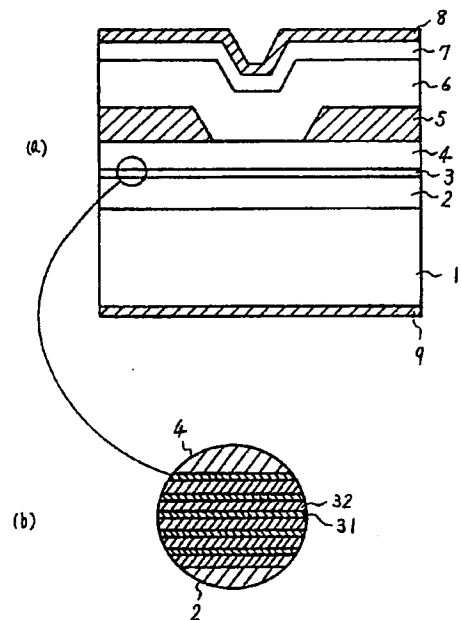
1…n-GaAs基板、2…n-GaAlAsクラッド層、3…多重量子井戸活性層、4…p-GaAlAsクラッド層、5…n+-GaAs電流狭窄層、6…GaAlAsクラッド層、7…p-GaAsキャップ層、8…p電極、9…n電極、10…GRIN-SCH活性層、11…Zn拡散領域、12…p-GaAlAs埋めこみクラッド層、

層、13…n-GaAlAs埋めこみクラッド層、14…半絶縁性GaAs基板、15…n+-GaAs層。

代理人 弁理士 小川勝男

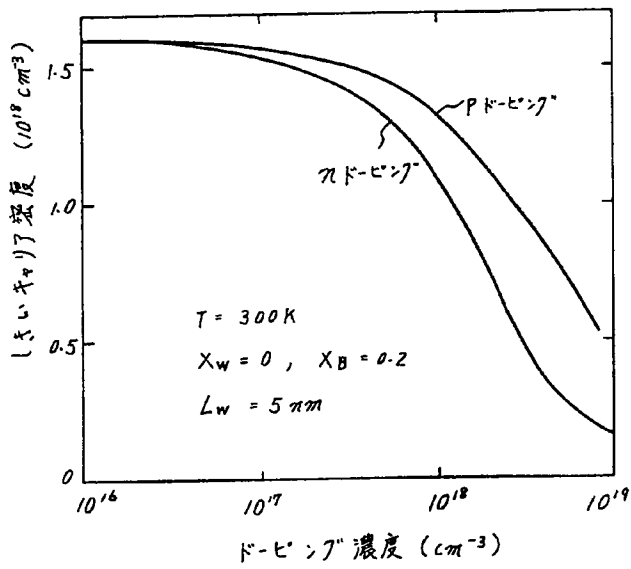


第1図

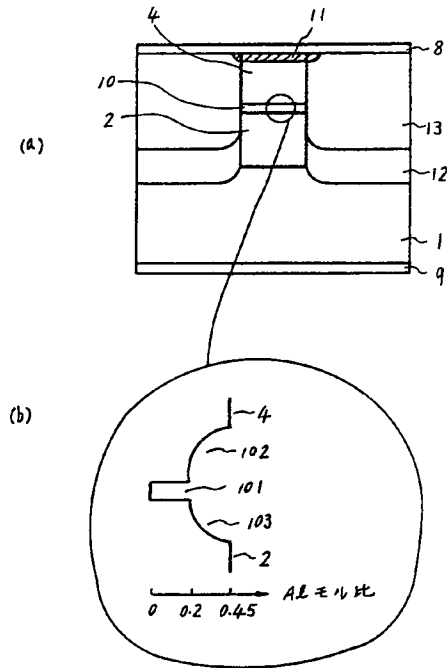


2 n-GaAlAsクラッド層 3b 高濃度Seドープバリヤ層  
3 多重量子井戸活性層 4 p-GaAlAsクラッド層  
3a 高濃度Seドープウェル層

第 2 図

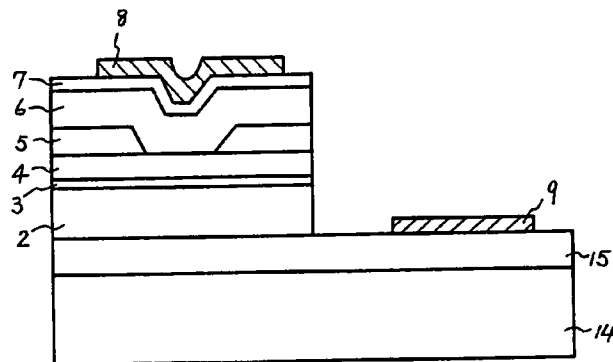


第 3 図



- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 2 π-GaAlAs<br>770Å層 | 10a 高濃度Mgドープウェル層 |
| 4 P-GaAlAs<br>770Å層 | 10b P型 GRIN バリヤ層 |
| 10 GRIN-SCH<br>活性層  | 10c π型 GRIN バリヤ層 |

第 4 図



- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| 2 π-GaAlAs<br>クラッド層  | 14 半絶縁性GaAs基板            |
| 3 高濃度Seドープ<br>多量量子井層 | 15 π <sup>+</sup> -GaAs層 |
| 4 P-GaAlAs<br>770Å層  |                          |